



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 06 096.0

**Anmeldetag:** 14. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** CeramTec AG Innovative Ceramic  
Engineering, Plochingen/DE

**Bezeichnung:** Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für  
tribologische Anwendungen sowie definierte  
Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage dieser  
Werkstoffe

**Priorität:** 05.03.2002 DE 102 09 476.4

**IPC:** C 22 C, F 16 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. März 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Hiebinger  
**BEST AVAILABLE COPY**

### **Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für tribologische Anwendungen sowie definierte Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage dieser Werkstoffe**

Die Erfindung betrifft Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für Reib-/Gleit-Anwendungen, bei denen zur Gewährleistung oder Verbesserung der Funktion die eingesetzten Werkstoffe/Werkstoffkombinationen eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen und/oder geringe Reibungswärme erzeugen und/oder zu geringer Haftreibung neigen sowie definierte Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage dieser Werkstoffe

Sowohl bei Gleit- als auch bei Reibpaarungen muss die entstehende Reibwärme zügig aus dem Reib-/Gleitbereich abgeführt werden. Das ist erforderlich, um einen Schmierfilm aufrecht zu erhalten oder konstante Reibwerte zu gewährleisten. Bei Gleitpaarungen, speziell im Mischreibungsbereich oder bei Trockenlauf, werden nach dem Stand der Technik Gleitpaarungen auf der Basis von Siliziumcarbid gegen Kohle eingesetzt, wie beispielsweise in W. Tietze, Handbuch Dichtungspraxis, 2. Auflage, Vulkan-Verlag, 2000, beschrieben wird.

Die niedrige Wärmeleitfähigkeit der Kohle, beispielsweise 8 bis 17 W/mK entsprechend den Werkstoffkennwerten der Firma Schunk Kohlenstofftechnik GmbH, Technologien in Kohlenstoff, Geschäftsbereich 1, Lager- und Dichtungstechnik, Werkstoffkennwerte, Standardwerkstoffe, Schunk, 30.14 (1997), können zu einer merklichen Temperaturerhöhung im Spalt führen. Eine solche Temperaturerhöhung führt zu einer thermischen Belastung des Bindersystems und der Imprägnierung, die Veränderungen der Werkstoffe hervorrufen kann, die wiederum zu ungünstigen Gleitbedingungen führen. Die Beeinträchtigungen der tribologischen Eigenschaften können trotz der sehr guten Wärmeleitfähigkeit des Siliziumcarbids von beispielsweise 80 bis 130 W/mK auftreten.

Temperaturerhöhungen der Gleitpartner haben Einfluss auf die jeweilige Flüssigkeit im Spalt und führen zu veränderten Reib-/Gleit-Bedingungen.

Lösungsprodukte können aufgrund der Temperaturveränderung auskristallisieren, was nach dem Stillstand zu einem erhöhten Losbrech-/Anlaufmoment und im ungünstigsten Fall zum Verkleben der Gleitpaarung führt.

- 5 Dies kann sowohl bei rotierenden als auch bei sich translatorisch bewegend  
Dichtelementen auftreten.

10 Niedrige mechanische Werte wie Zugfestigkeit, Biegefestigkeit und Härte eines Gleitpartners, beispielsweise Kohle mit 30 bis 80 MPa, begrenzen zusätzlich den Einsatzbereich oben genannter Dichtelemente. Füllstoffe, insbesondere Imprägnierungen, können partiell angegriffen werden. Chemisch aggressive Medien verursachen ein Quellen der Imprägnierungen und verändern dadurch die tribologischen Bedingungen. Dies ist eine weitere Ursache, die zu einer Temperaturerhöhung im Spalt führen kann.

- 15 Temperatur und Druck verändern die Geometrie und somit den ursprünglichen Auslegungszustand einer Gleitpaarung, was in der Regel zu einer Verschlechterung der Funktion führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines günstigen Reib-/Gleit-Systems, welches den folgenden Anforderungen gerecht wird: konstante Reib-/Gleit-Eigenschaften, hohe Wärmeleitfähigkeit, Formstabilität durch hohen E-Modul und hohe Festigkeit.

- 20 Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch eine Auswahl bestimmter Werkstoffe und Werkstoffpaarungen.

- 25 Zu den erfindungsgemäßen Werkstoffen mit den geforderten Eigenschaften gehören Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe, MKV-Werkstoffe, die aus einer oder mehreren metallischen Phasen mit einem Anteil von 30 bis 75 Vol.-% bestehen und einer oder mehreren nichtmetallischen anorganischen Komponenten mit einem Anteil von 25 bis 70 Vol.-%. Als metallische Phasen werden Aluminium

und seine Legierungen bevorzugt. Die nichtmetallischen keramischen Komponenten sind keramische Werkstoffe, bevorzugt Siliciumcarbid, Aluminiumoxide, Titanoxide und Silicate.

- 5 Einer der bevorzugten MKV-Werkstoffe auf der Basis von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und Al hat eine Zusammensetzung von 40 bis 60 Vol.-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und 60 bis 40 Vol.-% Al mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $> 50 \text{ W/mK}$ , einer Biegefestigkeit von beispielsweise 300 MPa sowie einen E-Modul von beispielsweise 160 GPa.

- 10 Ein weiterer bevorzugter MKV-Werkstoffe auf der Basis von SiC und Al hat eine Zusammensetzung von 60 bis 80 Vol.-% SiC und 40 bis 20 Vol.-% Al mit einer Wärmeleitfähigkeit von beispielsweise 180 W/mK, einer Biegefestigkeit von beispielsweise 300 MPa sowie einen E-Modul von beispielsweise 200 GPa.

Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe mit einem Metallanteil von größer 50 Vol.-% werden Metal-Matrix-Composite (MMC) genannt. Liegt der Keramikanteil über 50 Vol.-%, wird der Werkstoff Ceramic-Matrix-Composite (CMC) genannt.

- 15 An den bearbeiteten Funktionsflächen werden Oberflächengüten mit Ra-Werten kleiner  $1 \mu\text{m}$  erzielt. Durch angepasste Hartbearbeitungsverfahren können diese jedoch variiert und somit je nach Tribopartner optimiert werden.

- 20 Durch die Werkstoffwahl bei MKV-Werkstoffen und die Oberflächengüte wird bei den Reib-/Gleit-Anwendungen die Wärmeentwicklung reduziert. Zusätzlich wird durch die hohe Wärmeleitfähigkeit der Werkstoffe die im Dichtspalt entstehende Wärme zügig an die Umgebung abgegeben. Die Dichtspalttemperatur wird dadurch gesenkt und die Vercrackung, die Auskristallisation und Belagbildung im Dichtspalt, wesentlich reduziert. Das Ergebnis sind günstigere und konstantere Reibungszahlen und Verschleißwerte.

- 25 Die verbesserte Formbeständigkeit verringert außerdem die Möglichkeit des Kantenlaufs. Dies reduziert die Temperaturspitzen und führt zu stabileren

Flüssigkeitsfilmen im Dichtspalt, was wiederum die Reibleistung und Wärmeentwicklung reduziert.

5 In sogenannten hart/weich Paarungen führt die Substitution des weicheren Partners, beispielsweise Kohle oder Kunststoff, durch einen Keramik- oder einen Verbundwerkstoff zu verbesserten mechanischen Eigenschaften des gesamten Systems und erweitert dadurch die Einsatzmöglichkeiten. Weiterhin werden die tribologischen Bedingungen dadurch verbessert, dass Reibpartner, die zum Quellen neigen und/oder die sich gegenüber chemischen Angriffen kritisch verhalten, vermieden werden. Die Auslegung der Paarung kann somit mit engeren Toleranzengrenzen als bei bisherigen Werkstoffen erfolgen.

10

Bei sogenannten hart/hart Paarungen werden durch den Einsatz von MKV-Werkstoffen der Trockenlauf bzw. die Notlaufeigenschaften der tribologischen Paarungen verbessert.

15 Durch die Reduzierung des Verschleißes erhöht sich die Lebensdauer der Reibpaarungen und verlängern sich die Wartungsintervalle.

Bei der Anwendung der erfindungsgemäßen Werkstoffe und Werkstoffpaarungen ergeben sich entscheidende Verbesserungen im industriellen Bereich, insbesondere in der Automobil- und Konsumgüterindustrie.

20 Allgemein können die tribologischen Eigenschaften der Paarungen über ein gezieltes Design des Werkstoffs, durch eine ausgewählte Kombination von Keramik und Metall im Durchdringungsgefüge, für die nachfolgend beispielhaft aufgeführten Anwendungen angepasst werden.

25 Gleitringdichtungen in Kühlwasserpumpen, insbesondere MKV/Kohle, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/SSiC, MKV/MKV, MKV/HM (Hartmetall), MKV/ZTA ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$ ).

Gleitringdichtungen in Geschirrspülmaschinen, insbesondere MKV/Kohle, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/SSiC, MKV/MKV, MKV/HM. MKV/Kunststoff, gegebenenfalls faserverstärkt.

5 Gleitringdichtungen in Pumpen für Benzindirekteinspritzungen, insbesondere MKV/Kohle, MKV/SSiC, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/MKV, MKV/HM, MKV/ZTA.

Gleitringdichtungen in CO<sub>2</sub>-Kompressoren, insbesondere MKV/SSiC, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/MKV, MKV/HM, MKV/ZTA.

10 Definierte Gleit-/Reibpaarungen zwischen Brems-, Lager-, Dicht- oder Antriebselementen, beispielsweise in Aufzügen, Rolltreppen, Kräne, Trockenkupplungen, in Pumpen und Verdichtern bei Kolben und Zylindern, Taumelscheiben, Radiallagern oder Axiallagern, bei Lagern von Mahlzylindern und bei Gleitpartnern für Wellendichtringe.

15 Durch gezielte Auswahl der Werkstoffe der Reibpartner für den jeweiligen Anwendungsfall ergeben sich neue Anwendungsfelder, speziell in schmierstofffreien Einsatzgebieten wie z. B. in der Pharma- und Kosmetikindustrie oder in der Lebensmitteltechnik.

20 Insbesondere dort, wo sich nach Stillstandszeiten das Problem der Verklebung oder Ablagerung im Dichtspalt mit hohen Losbrechmomenten auftritt, empfehlen sich die erfindungsgemäßen Werkstoffe als Reibpartner, beispielsweise als Dichtscheiben für Espresso-, Sanitär- und Industriearmaturen oder für Absperrventile.

25 Weitere Anwendungsfälle sind Seitenplatten in Benzin- oder Lenkhilfspumpen. Bei diesen wird neben Verschleißbeständigkeit insbesondere eine hohe Maßhaltigkeit gefordert, was aufgrund der niedrigen Schwindung der Bauteile gewährleistet wird. Dadurch steigt der Wirkungsgrad der Pumpen, wodurch der Einsatz kleinerer, kompakterer und leichter Ausführungen möglich wird.

Möglicher Einsatz als Rollen und/oder Lagerelemente, z.B. in Verbrennungsmotoren, Verdichtern oder bei Abgasklappen.

Der Einsatz in hochbeanspruchten Ventiltrieben, wie sie bei Dieselmotoren vorhanden sind, stellen eine Alternative zu heutigen aufwendigen Lösungen dar.

- 5 In der Regel werden Gleitelemente speziell nach Kundenzeichnungen und Kundenspezifikationen erstellt. Typische Abmessungen für Großseriengleitrings sind: Außendurchmesser: 18 bis 28 mm, Innendurchmesser: 8 bis 20 mm und Höhe: 2 bis 5 mm.

### Patentansprüche

1. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für Reib-/Gleitanwendungen gekennzeichnet durch die Basiszusammensetzungen aus einer oder mehreren metallischen Phasen mit einem Anteil von 30 bis 75 Vol.-%, bevorzugt Aluminium und seine Legierungen, und einer oder mehreren nichtmetallischen anorganischen Komponenten mit einem Anteil von 25 bis 70 Vol.-% als keramische Werkstoffe, bevorzugt Siliciumcarbide, Aluminiumoxide, Titanoxide und Silicate.
2. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung 40 bis 60 Vol.-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und 60 bis 40 Vol.-% Al enthält.
3. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitfähigkeit größer als 50 W/mK ist, dass die Biegefestigkeit etwa 300 MPa und der Elastizitätsmodul etwa 160 GPa beträgt.
4. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung 60 bis 80 Vol.-% SiC und 40 bis 20 Vol.-% Al enthält.
5. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitfähigkeit mindestens 180 W/mK beträgt, dass die Biegefestigkeit etwa 300 MPa und der Elastizitätsmodul etwa 200 GPa beträgt.
6. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mit einem Reib-/Gleitpartner in Kontakt stehenden Oberflächen einen Ra-Wert kleiner 1  $\mu\text{m}$  aufweisen.



7. Gleitring, hergestellt aus einem der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
- 5 8. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder eines Gleitrings nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Paarungen aus einem Partner aus Metall-Keramik-Verbundwerkstoff (MKV) und einem Partner aus MKV oder Kohle oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder  $\text{SSiC}$  oder Hartmetall (HM) oder ZTA ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{ZrO}_2$ ) oder Kunststoffe, gegebenenfalls faserverstärkt, vorliegen.
- 10 9. Gleit-/Reibpaarungen als Gleitringdichtung in Kühlwasserpumpen nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Werkstoffpaarungen vorliegen: MKV/Kohle, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/ $\text{SSiC}$ , MKV/MKV, MKV/HM (Hartmetall), MKV/ZTA ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$ ).
- 15 10. Gleit-/Reibpaarungen als Gleitringdichtung in Geschirrspülmaschinen nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Werkstoffpaarungen vorliegen: MKV/Kohle, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/ $\text{SSiC}$ , MKV/MKV, MKV/HM, MKV/Kunststoff, gegebenenfalls faserverstärkt.
- 20 11. Gleit-/Reibpaarungen als Gleitringdichtung für Benzindirekteinspritzungen nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Werkstoffpaarungen vorliegen: MKV/Kohle, MKV/ $\text{SSiC}$ , MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/MKV, MKV/HM, MKV/ZTA.
12. Gleit-/Reibpaarungen als Gleitringdichtung in  $\text{CO}_2$ -Kompressoren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Werkstoffpaarungen vorliegen: MKV/ $\text{SSiC}$ , MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/MKV, MKV/HM, MKV/ZTA.

- 5 13. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zwischen Brems-, Lager-, Dicht- oder Antriebselementen, beispielsweise in Aufzügen, Rolltreppen, Krane, Trockenkupplungen, in Pumpen und Verdichtern bei Kolben und Zylindern, Taumelscheiben, Radiallagern oder Axiallagern, bei Lagern von Mahlzylindern und bei Gleitpartnern für Wellendichtringe.
- 10 14. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 in schmierstofffreien Einsatzgebieten wie in der Pharma- und Kosmetikindustrie oder in der Lebensmitteltechnik.
- 15 15. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 in Armaturen des Sanitärbereichs oder der Industrie.
- 15 16. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 bei Seitenplatten in Benzin- oder Lenkhilfspumpen.
- 20 17. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 bei Rollen und/oder Lagerelementen in Verbrennungsmotoren, Verdichtern oder bei Abgasklappen.
18. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 bei Ventiltrieben in Dieselmotoren.

### **Zusammenfassung**

#### **Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für tribologische Anwendungen sowie definierte Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage dieser Werkstoffe**

5 Sowohl bei Gleit- als auch bei Reibpaarungen muss die entstehende Reibwärm- zügig aus dem Reib-/Gleitbereich abgeführt werden. Das ist erforderlich, um einen Schmierfilm aufrecht zu erhalten oder konstante Reibwerte zu gewährleisten.

10 Erfindungsgemäß werden deshalb Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für Reib-/Gleitanwendungen eingesetzt, die gekennzeichnet sind durch die Basiszusammensetzungen aus einer oder mehreren metallischen Phasen mit einem Anteil von 30 bis 75 Vol.-%, bevorzugt Aluminium und seine Legierungen, und einer oder mehreren nichtmetallischen anorganischen Komponenten mit einem Anteil von 25 bis 70 Vol.-% als keramische Werkstoffe, bevorzugt Siliciumcarbid, Aluminiumoxide, Titanoxide und Silicate.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**